

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Sesuai teknik jumlah unit transfer konvensional yang hasilnya bahwa kedua nano fluida menunjukkan koefisien perpindahan panas keseluruhan yang lebih besar dibandingkan dengan air hingga 9%. Penelitian ini dilakukan oleh (Akbarinia and Behzadmehr, 2007) yang meneliti konveksi campuran laminar sepenuhnya dari nanofluida yang terdiri dari air dan Al_2O_3 dalam tabung melengkung horisontal. Menggunakan metode numerik yang hasilnya fraksi volume nano partikel tidak memiliki efek langsung pada aliran sekunder, kecepatan aksial dan koefisien gesekan. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Pantzali *et al.*, 2009) yang meneliti efek dan penggunaan nano fluida pada penukar panas miniatur piring (PHE) dengan permukaan termodulasi. Metode yang digunakan eksperimental dan numerik yang hasilnya bahwa laju aliran volumetrik nanofluida yang dibutuhkan lebih rendah, maka dari itu air menyebabkan penurunan tekanan yang lebih rendah. Berdasarkan penelitian (Vajjha, Das and Namburu, 2010) yang meneliti nanofluida Al_2O_3 dan CuO pada etilen glychol dan campuran air dengan menggunakan metode CFD 3 dimensi aliran laminar dan heat transfer pada pipa rata radiator mobil yang hasilnya koefisien heat transfer meningkat dan faktor gesekan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pada nanofluida, penurunan tekanan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Demir *et al.*, 2011) yang meneliti aliran konveksi paksa nanofluida yang terdiri dari air dengan nano partikel TiO_2 dan Al_2O_3 dalam tabung horizontal dengan suhu dinding konstan dengan menggunakan metode numerik yang hasilnya panas meningkat karena kehadiran nano partikel dalam cairan. Selanjutnya penelitian dilakukan oleh (Moraveji *et al.*, 2011) yang meneliti tentang efek perpindahan panas konvektif pada aliran nano fluida di daerah berkembang dengan

tabung fleks panas konstan dengan metode dinamika fluida komputasi CFD yang hasilnya bahwa data yang diprediksi dalam perjanjian sangat baik dengan data eksperimental diperoleh dari literatur, kesalahan maksimum sekitar 10%. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Peyghambarzadeh *et al.*, 2013) yang meneliti kinerja perpindahan panas radiator mobil dengan menggunakan metode menghitung koefisien perpindahan panas keseluruhan sesuai teknik jumlah unit transfer konvensional yang hasilnya bahwa kedua nano fluida menunjukkan koefisien perpindahan panas keseluruhan yang lebih besar dibandingkan dengan air hingga 9%.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Aliran Fluida

Aliran pada fluida berbeda dengan zat padat dikarenakan kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul pada fluida lebih kecil dibandingkan ikatan molekul pada zat padat akibat fluida mempunyai hambatan yang relative kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Contoh aliran fluida antara lain: aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulen. Aliran tersebut dipengaruhi oleh bilangan Reynolds. Bilangan Reynolds yaitu bilangan tidak berdimensi yang penting digunakan untuk penelitian aliran fluida pada pipa. Persamaan bilangan Reynolds untuk aliran dalam pipa sebagai berikut:

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \dots \dots \dots (versteeg, 1995) \dots (2.1)$$

Keterangan :

u=Kecepatan Fluida (m/s)

D= Diameter Dalam Pipa (m)

ρ = Massa Jenis Fluida (kg/m³)

μ = Viskositas Dinamika Fluida (kg/m.s) atau (N.s/m²)

2.2.2. Komputasi Dinamika Fluida

Komputasi Dinamika Fluida atau Computational Fluid Dynamics (CFD) yaitu ilmu yang mempelajari cara

memprediksi perpindahan panas, pola aliran fluida, reaksi kimia dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan-persamaan matematika atau model matematika.

Pada umumnya proses perhitungan aliran fluida diselesaikan menggunakan persamaan energi, momentum dan kontinuitas. Persamaan yang dipakai yaitu persamaan Navier-Stokes, persamaan ini ditemukan di Inggris oleh G.G. Stokes dan di Perancis oleh M. Navier sekitar awal tahun 1800. Adapun persamaan-persamaannya (Versteeg, 1995) adalah sebagai berikut:

a. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \dots\dots (\text{versteeg}, 1995) \dots\dots (2.2)$$

b. Persamaan Momentum sumbu X:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{Re_r} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) \dots\dots (\text{versteeg}, 1995) \dots\dots (2.3)$$

Momentum pada sumbu Y

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re_r} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) \dots\dots (\text{versteeg}, 1995)$$

Momentum pada sumbu Z

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial \tau} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w^2)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{Re_r} \left(\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right) \dots\dots (\text{versteeg}, 1995)$$

a). Persamaan Energi

$$\frac{\partial(E_r)}{\partial \tau} + \frac{\partial(uE_r)}{\partial x} + \frac{\partial(vE_r)}{\partial y} + \frac{\partial(wE_r)}{\partial z} = -\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} - \frac{1}{Re_r Pr_r} \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) + \frac{1}{Re_r} \left(\frac{\partial}{\partial x} (u\tau_{xx} + v\tau_{xy} + w\tau_{xz}) + \right.$$

$$\frac{\partial}{\partial y}(u\tau_{xy} + v\tau_{yy} + w\tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z}(u\tau_{xz} + v\tau_{yz} + w\tau_{zz}) \dots (\text{versteeg, 1995})$$

Keterangan: x = Koordinat Sumbu X

y = Koordinat Sumbu Y

z = Koordinat Sumbu Z

u = Komponen Kecepatan U

v = Komponen Kecepatan V

w = Komponen Kecepatan W

t = Waktu

ρ = Densitas

Et = Energi Total

Persamaan dibawah ini menunjukkan hubungan antara koefisien perpindahan kalor (h), konduktivitas thermal (k), bilangan Nusselt (Nu), dan diameter hidrolis dari saluran (Dh). Pada persamaan dibawah menunjukkan peningkatan nilai h yang signifikan apabila ukuran saluran diperkecil:

$$h = Nu \frac{k}{D_h} \dots (\text{versteeg, 1995}) \dots (2.4)$$

Hasil simulasi nanofluida dibandingkan dengan data teoritis yang tersedia untuk fluida konvensional (air). Data teoritis dari fluida air juga dihitung dengan ANSYS-Fluent juga. Data dibandingkan dengan korelasi Dittus-Boelter untuk heat transfer (Nu) ditunjukkan pada rumus dibawah ini:

$$f = \frac{\partial}{\partial r}(\rho_n f u)$$

$$Nu = \frac{h_f}{k_f} D = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4} \dots (\text{versteeg, 1995}) \dots (2.5)$$

Heat transfer rata-rata sebagai berikut:

$$\bar{h}_f = \frac{q''}{(\bar{T}_w(x) - \bar{T}_b(x))} \dots (\text{versteeg, 1995}) \dots (2.6)$$

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari report Fluent, temperatur rata-rata antara dinding dan bulk dihitung pada simulasi ANSYS-Fluent.

2.2.3 Software CFD ANSYS-Fluent

Dalam dunia teknik dan sains sangat banyak software CFD yang digunakan, salah satunya adalah ANSYS-FLUENT. FLUENT merupakan salah satu jenis program CFD yang menggunakan metode volume hingga. FLUENT bisa menyelesaikan kasus aliran fluida dengan mesh (grid) meskipun tidak terstruktur dengan cara yang mudah, karena FLUENT menyediakan fleksibilitas mesh yang lengkap.

FLUENT didukung oleh jenis mesh tipe 2D triangular-quadrilateral, 3D tetrahedral-hexahedral-pyramid-wedge, dan mesh campuran (hybrid). FLUENT juga bisa untuk memperhalus atau memperbesar mesh yang sudah ada.



Gambar : 2.1 Logo Ansys FLUENT®

FLUENT memiliki kelebihan sebagai berikut:

1. Model yang realistic (tersedia berbagai pilihan solver)
2. FLUENT mudah untuk digunakan
3. Diskritisasi atau meshing model yang efisien (dalam GAMBIT)
4. Cepat dalam penyajian hasil (biasa dengan parallel komputer)
5. Visualisasi yang mudah untuk dimengerti

2.2.4 Persamaan Dasar Nanofluida

Untuk menentukan property nanofluida, perlu menggunakan persamaan dasar nanofluida. Persamaan berikut ini diambil dari referensi dari Brinkman et al (1952).

2.2.5 Konduktivitas Termal Nanofluid

Fluida yang tersuspensi dalam partikel ukuran nano maka nilai konduktivitas termal dari fluida tersebut akan meningkat.

Jumlah peningkatan nilai tersebut berpengaruh pada ukuran partikel nano dan fraksi yang di larutkan. Persamaannya menjadi seperti berikut:

$$K_{nf} = \frac{K_p + K_{bf} + 2(K_p - K_{bf})\phi}{K_p + 2K_{bf} - (K_p - K_{bf})\phi} K_{bf} \dots\dots (\text{Brinkman, 1952}) \dots (2.6)$$

Keterangan :

K_{nf} = Konduktivitas termal nano fluida (W/mk)

K_p = Konduktivitas termal nano partikel (W/mk)

K_{bf} = Konduktivitas termal fluida dasar (W/mk)

ϕ = Fraksi Larutan (%)

2.2.6 Panas Spesifik Nanofluid

Panas Spesifik dari nanofluid sangat bergantung pada fraksi volume larutan nanopartikel. Untuk mengetahui persamaan panas spesifik dari nanofluid digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Cp_{nf} = \frac{(1-\phi)(\rho Cp)_{bf} + \phi(\rho Cp)_p}{(1-\phi)\rho_{bf} + \phi\rho_p} \dots (\text{Brinkman, 1952}) \dots (2.7)$$

2.2.8 Viskositas Nanofluida

Viskositas berpengaruh pada kinerja perpindahan panas, viskositas nanofluida dipengaruhi oleh densitas, fraksi volume dan. Tapi peningkatan nilai viskositas akan mempengaruhi

$$\eta_{nf} = (1 + 2.5\phi_p)\eta_{bf} \dots (\text{Brinkman, 1952}) \dots (2.8)$$

Keterangan :

η_{nf} = Viskositas dinamis nano fluida (N_s/m^2)

η_{bf} = Viskositas dinamis fluida dasar (N_s/m^2)

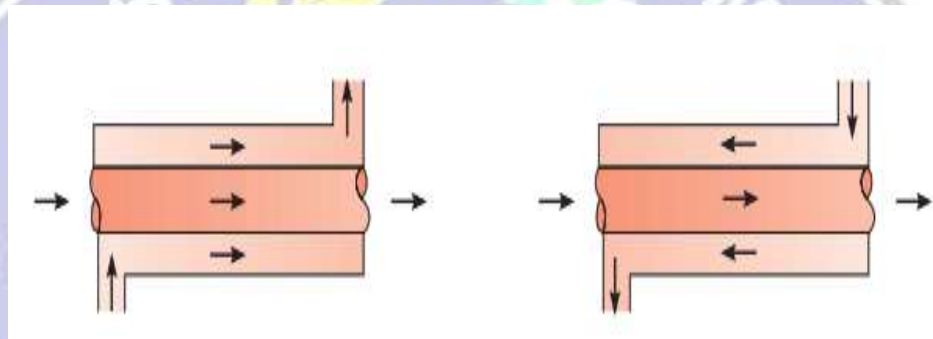
ϕ = Fraksi Larutan (%)

2.3 Penukar Kalor (Heat Exchanger)

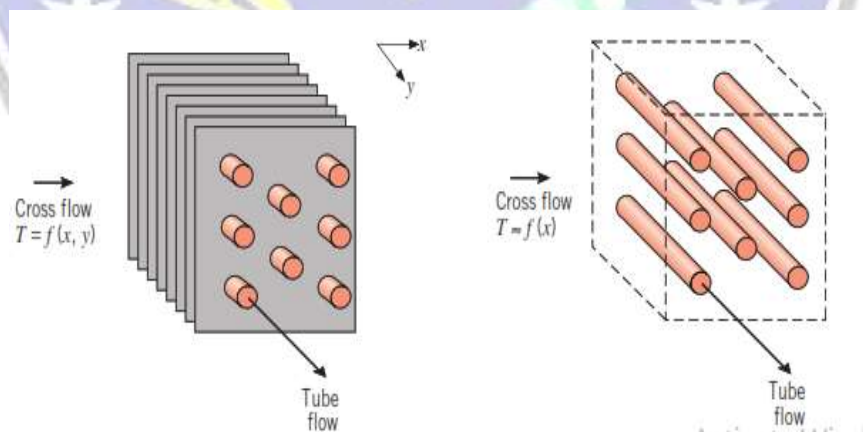
Heat exchanger atau penukar kalor diklasifikasikan berdasarkan arah aliran dan jenis konstruksi. Penukar kalor yang paling sederhana adalah penukar fluida panas dan dingin dengan arah yang sama atau berlawanan dalam konstruksi tabung konsentris atau pipa ganda. Dalam pengaturan aliran paralel Gambar, fluida panas dan dingin masuk di ujung

yang sama, mengalir ke arah yang sama, dan pergi di ujung yang sama. Dalam pengaturan aliran berlawanan pada Gambar, fluida masuk pada ujung yang berlawanan, mengalir pada arah yang berlawanan, dan meninggalkan pada ujung yang berlawanan.

Sebagai alternatif, fluida dapat bergerak dalam aliran silang/cross-flow (tegak lurus satu sama lain), seperti yang ditunjukkan oleh penukar panas tubular bersirip dan tak berujung pada Gambar. Dua konfigurasi biasanya dibedakan oleh idealisasi yang memperlakukan gerakan cairan di atas tabung sebagai tidak dicampur atau dicampur. Pada Gambar 2.2, fluida cross-flow dikatakan tidak dicampur karena serat menghambat gerakan ke arah (y) yang melintang ke arah aliran utama (x). Dalam hal ini suhu fluida cross-flow bervariasi dengan x dan y (De Witt, tahun)



Gambar : 2.2 Heat exchanger tipe parallel dan counter flow



Gambar : 2.3 Heat exchanger tipe cross-flow